

# Estudio anatómico de la vascularización perióstica del antebrazo: diseño de colgajos vascularizados periósticos

## *Anatomical Study of Periosteal Vascularization of the Forearm: Design of Vascularized Periosteal Flaps*

Sergi Barrera-Ochoa<sup>1,2</sup> David Campillo-Recio<sup>2</sup> Jorge Knorr<sup>1</sup> Xavier Mir-Bullo<sup>2</sup>  
Alfonso Rodríguez-Baeza<sup>3</sup> Francisco Soldado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hospital Sant Joan de Déu, Barcelona, España

<sup>2</sup>Institut Català de Traumatologia i Medicina de l'Esport (ICATME), Barcelona España

<sup>3</sup>Departamento de Embriología y Anatomía Humana, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España

Address for correspondence Sergi Barrera-Ochoa, MD, PhD, Hospital Sant Joan de Déu, Barcelona, España (e-mail: dr.barreraochoa@gmail.com).

Rev Iberam Cir Mano 2018;00:106–112.

### Resumen

**Introducción** Los colgajos vascularizados periósticos (CVP) han demostrado ser una técnica útil para el tratamiento de situaciones biológicas desfavorables en población infantil con excelentes resultados debido a su potencial osteogénico. El objetivo de este trabajo es presentar una descripción anatómica detallada de la vascularización perióstica del radio y cúbito, así como el diseño de CVP de antebrazo.

**Material y método** estudio anatómico con 10 especímenes frescos congelados inyectados de forma anterógrada en látex verde coloreado. Se disecaron ramas periósticas para el radio y ulna, ramas septo-cutáneas y ramas musculares. Se midió el tamaño de los colgajos pre y post-disección, así como la longitud de los pedículos vasculares.

**Resultados** los 4 ejes vasculares estudiados fueron el eje vascular interóseo anterior (AIA), radial (AR), ulnar (AU), e interóseo posterior (AIP). *Eje Vascular AIA (CVP Volar-Radial)*: se obtuvieron una media de 16,2 ramas periósticas, con una media de 6,6 mm de distancia entre ellas siendo el tamaño medio del CVP de 41,3 cm<sup>2</sup> antes de la disección y de 32,4 cm<sup>2</sup> post-disección. Longitud media de pedículo 16,1 cm. *Eje Vascular AR (CVP Radial)*: la media de ramas periósticas fue de 20,8 ramas con un tamaño medio CVP pre-disección fue de 54,8 cm<sup>2</sup> y 39,3 cm<sup>2</sup> post-disección. Longitud media del pedículo 20,2 cm. *Eje Vascular AIP (CVP Dorso-Ulnar)*: se obtuvieron una media de 12,8 ramas periósticas siendo el tamaño medio del CVP de 26,2 cm<sup>2</sup> pre-disección y 20,4 cm<sup>2</sup> post-disección con una longitud media de pedículo de 12,6 cm. *Eje Vascular AU (CVP Ulnar)*: la media fue de 10,2 ramas periósticas con un tamaño medio del CVP pre-disección de 37,5 cm<sup>2</sup> y 28,2 cm<sup>2</sup> post-disección y un pedículo de 14,8 cm.

**Conclusiones** hemos descrito 4 nuevos CVP siendo los más útiles y versátiles el CVP Dorso-Ulnar basado en la AIP y el Volar-Radial basado en la AIA. Las principales ventajas de esos colgajos con respecto a las técnicas microquirúrgicas son la sencillez y rapidez de la técnica, su elasticidad y adaptabilidad al lecho receptor, así como su versatilidad.

### Palabras clave

- ▶ colgajo perióstico vascularizado
- ▶ periostio
- ▶ estudio anatómico
- ▶ anatomía
- ▶ pseudoartrosis
- ▶ antebrazo

received  
May 25, 2018  
accepted  
October 10, 2018

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0038-1676083>.  
ISSN 1698-8396.

Copyright © 2018 Thieme Revinter  
Publicações Ltda, Rio de Janeiro, Brazil

License terms



**Abstract**

**Introduction** Vascularized periosteal flaps (VPFs) have proven to be a useful technique for the treatment of unfavorable biological situations in children, with excellent results due to their osteogenic potential. The objective of this work is to present a detailed anatomical description of the periosteal vascularization of the radius and ulna, as well as the design of the forearm VPFs.

**Methods** Anatomical study with 10 fresh-frozen specimens with antegrade injection of green colored latex. Periosteal branches of the radius and ulna, septocutaneous branches, and muscular branches were dissected. The size of the pre and postdissection flaps was measured, as well as the length of the vascular pedicles.

**Results** The four vascular axes studied were the anterior interosseous vascular axis (AIA), radial axis (RA), ulnar axis (UA), and posterior interosseous vascular axis (PIA). The AIA (volar-radial VPF): an average of 16.2 periosteal branches were obtained, with a mean distance of 6.6 mm between them. The mean size of the VPF was 41.3 cm<sup>2</sup> pre-dissection and 32.4 cm<sup>2</sup> post-dissection. The average pedicle length was 16.1 cm. Vascular RA (radial VPF): an average of 20.8 branches was found, with a mean VPF size of 54.8 cm<sup>2</sup> pre-dissection, and 39.3 cm<sup>2</sup> post-dissection. The average pedicle length was 20.2 cm. Vascular PIA (dorsal-ulnar VPF): an average of 12.8 periosteal branches were obtained, with the mean VPF size being 26.2 cm<sup>2</sup> pre-dissection and 20.4 cm<sup>2</sup> post-dissection. The average pedicle length 12.6 cm. Vascular UA (ulnar VPF): an average of 10.2 periosteal branches were obtained with a mean VPF size of 37.5 cm<sup>2</sup> pre-dissection and 28.2 cm<sup>2</sup> post-dissection. of the average pedicle length was 14.8 cm.

**Conclusions** We have described four new VPFs, with the most useful and versatile being the dorsal-ulnar VPF, based on the PIA, and the volar-radial, based on the AIA. The main advantages of these flaps with respect to microsurgical techniques are the simplicity and speed of the technique, its elasticity and adaptability to the recipient bed, as well as its versatility.

**Keywords**

- ▶ vascularized periosteal flap
- ▶ periosteum
- ▶ anatomical study
- ▶ anatomy
- ▶ pseudoarthrosis
- ▶ forearm

**Introducción**

Recientemente se ha divulgado la utilización de Colgajos Vascularizados Periósticos (CVP) para el tratamiento de situaciones desfavorable en la población pediátrica, tales como la pseudoartrosis recalcitrante, necrosis avascular o defectos óseos masivos. Esos CVP han demostrado su alto potencial osteogénico con alta capacidad para revascularizar e integrar hueso autólogo e incluso heterólogo.<sup>1-3</sup>

Dichas propiedades osteogénicas derivan de la presencia de células madre en la capa de cambium,<sup>2,4-6</sup> las cuales, se convierten en osteoblastos responsables del aumento en el diámetro del eje óseo por la osificación intramembranosa. Sin embargo, después de una fractura ósea, las células progenitoras se convierten en osteoblastos y condroblastos, y promueven la cicatrización ósea mediante un proceso endcondral.

Eso supone que dichos CVP presenten excelentes resultados en tasas de consolidación ósea, velocidad de consolidación y revascularización. Además, esos CPV son menos demandantes técnicamente, más rápidos de extraer, y su elasticidad permite que fácilmente se ajusten al lecho receptor.

Algunos ejemplos de CVP son el CVP fibula (basado en los vasos peroneos), el CVP tibial (basado en los vasos tibiales anteriores) o el CVP del 1° MTT (basado en ramas dorsales de la arteria pedia).<sup>2,3</sup>

El objetivo de este trabajo es presentar una descripción anatómica detallada de la vascularización perióstica del radio y ulna, y el diseño de CVP basados en los ejes vasculares radial (AR), ulnar (AU), interóseo anterior (AIA) e interóseo posterior (AIP).

**Material y Métodos**

El presente estudio ha sido realizado en el Departamento de Anatomía Humana y Embriología de la Universidad Autónoma de Barcelona. Se han utilizado 10 especímenes frescos congelados (5 izquierdo y 5 derechos) inyectados en látex verde coloreado de forma anterógrada desde la arteria humeral a nivel del codo. Los 4 ejes vasculares estudiados fueron el eje vascular interóseo anterior (AIA), radial (AR), ulnar (AU), e interóseo posterior (AIP). Se realizó un abordaje volar para los ejes vasculares AIA, AR y AU y abordaje dorsal para el eje vascular de la AIP. Con visión mediante lupa de 2.5x de magnificación se disecaron ramas periósticas para el

radio y cúbito, ramas septo-cutáneas y ramas musculares. Se midió el tamaño de los colgajos pre y post-disección, midiendo el eje mayor y menor de la superficie del colgajo retraído tras la extracción, sin incluir el pedículo. En todos los casos se intentó obtener el colgajo de mayor tamaño o posible mediante la inclusión del máximo número de ramas periósticas. Por otro lado, se midió la longitud de los pedículos vasculares, definiendo dicho pedículo como la longitud del vaso no incluido en el colgajo vascularizado. Se realizaron 3 mediciones diferentes por 3 personas distintas, obteniendo finalmente la media aritmética de las 3 mediciones. Todas las mediciones fueron realizadas con un pie de rey Series Digital 500 × 77 (Mitutoyo, Kawasaki, Kanagawa, Japan).

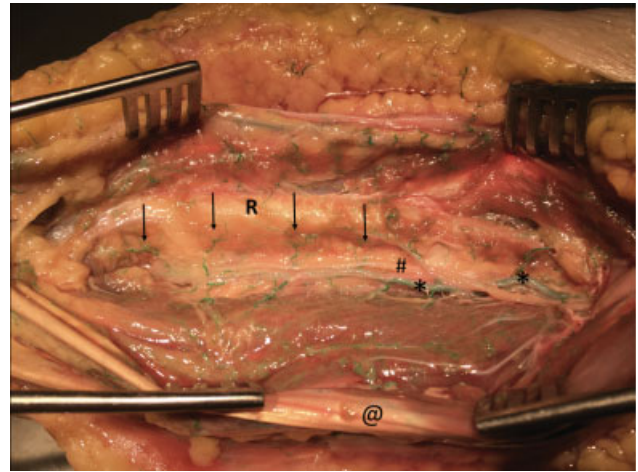
## Resultados

Los resultados del estudio anatómico se encuentran resumidos en la **Tabla 1**.

**Eje Vascular AIA (CVP Volar-Radial) (►Fig. 1):** se objetivaron una media de 16,2 ramas periósticas (14–18), con una media de 0,66 cm de distancia entre ellas (0,2–1,7) con 7,7 ramas septo-cutáneas (6–10) y 18,1 ramas musculares (rango 14 a 20). De ellas 7,5 aportaban vascularización para el *Pronator Quadratus* (rango 5 a 10) y 11,2 para el *Flexor Digitorum Profundus* (rango 8 a 13). El tamaño medio del CVP fue de 41,3 cm<sup>2</sup> antes de la disección y de 32,4 cm<sup>2</sup> post-disección siendo la longitud media del pedículo 16,1 cm (rango 13,9 cm – 18,8 cm).

**Eje Vascular AR (CVP Radial):** la media de ramas periósticas fue de 20,8 ramas (18–23), con 0,81 cm distancia media entre ellas (0,4–1,6), y 12 ramas septo-cutáneas (8–12). El tamaño medio CVP pre-disección fue de 54,8 cm<sup>2</sup> y 39,3 cm<sup>2</sup> post-disección. La longitud media del pedículo fue de 20,2 cm media (rango 19,9 cm – 22,7 cm).

**Eje Vascular AIP (CVP Dorso-Ulnar) (►Fig. 2):** media de 12,8 ramas periósticas (11–14), mediana de 0,96 cm de



**Fig. 1** Compartimento anterior del antebrazo. \* Arteria interósea anterior (AIA) con sus ramas periósticas. @ Flexor Digitorum Superficialis. R: radio. # Nervio interóseo anterior en su recorrido radial con respecto a la AIA.

distancia entre ellos (rango 0,2–2,5), de las cuales 7,7 ramas periósticas van a ser mediales (60%) y 5 laterales (40%). La media de ramas septo-cutáneas va a ser de 7,3 (rango 6 a 10) y 13,1 ramas musculares (rango 10 a 15) (7,5 para el *Extensor Digiti Minimi* (rango 5 a 10) y 5,5 para el *Extensor Carpi Ulnaris* (rango 4 a 8). La media del CVP fue de 26,2 cm<sup>2</sup> pre-disección y 20,4 cm<sup>2</sup> post-disección. La longitud media de pedículo fue de 12,6 cm (rango 10,2 cm – 14,5 cm).

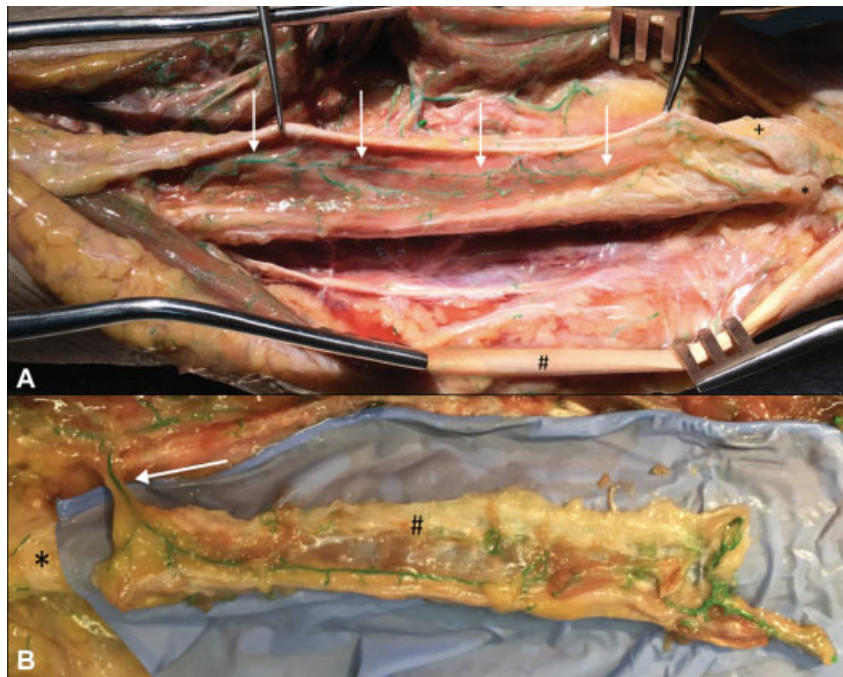
**Eje Vascular AU (CVP Ulnar):** en ese caso la media fue de 10,2 ramas periósticas (8–12) con una media de 1,15 cm distancia entre ellas (0,4–1,6) y 8 ramas septo-cutáneas (8–12). El tamaño medio del CVP pre-disección fue de 37,5 cm<sup>2</sup> y 28,2 cm<sup>2</sup> post-disección y una longitud media de pedículo 14,8 cm media (rango 13,6 cm – 16,3 cm).

La anchura de todas las ramas periósticas en los 4 ejes vasculares fue inferior a 1 mm.

**Tabla 1** Resumen de los datos descriptivos obtenidos en el estudio anatómico

Resumen estudio anatómico				
	AIA (Colgajo Volar-Radial)	AR (Colgajo Radial)	AIP (Colgajo Dorso-Ulnar)	AC (Colgajo Cubital)
Media ramas periósticas (rango)	16,2 (14–18)	20,8 (18–23)	12,8 (11–14)	10,2 (8–12)
Distancia media (rango)	0,66 cm (0,2–1,7)	0,81 cm (0,4–1,6)	0,96 mm (0,2–2,5)	1,5 cm (0,4–1,6)
Ramas septo-cutáneas (rango)	7,7 (6–10)	12 (8–12)	7,3 (6–10)	8 (8–12)
Ramas musculares (rango)	18,1 (14–20)		13,1 (10–15)	
Distribución media ramas musculares (rango)	PQ 7,5 (5–10)	—	EDM 7,5 (5–10)	—
	FDP 11,2 (8–13)		ECU 5,5 (4–8)	
Tamaño medio CVP pre-disección	41,3 cm <sup>2</sup>	54,8 cm <sup>2</sup>	26,2 cm <sup>2</sup>	37,5 cm <sup>2</sup>
Tamaño medio CVP post-disección	32,4 cm <sup>2</sup>	39,3 cm <sup>2</sup>	20,4 cm <sup>2</sup>	28,2 cm <sup>2</sup>
Longitud media pedículo (rango)	16,1 cm (13,9–18,8)	20,2 cm (19,9–22,7)	12,6 cm (10,2–14,5)	14,8 cm (13,6–16,3)

Abreviaturas: AC, Arteria Cubital; AIA, Arteria Interósea Anterior; AIP, Arteria Interósea Posterior; AR, Arteria Radial; ECU, Extensor Carpi Ulnaris; EDM, Extensor Digiti Minimi; FDP, Flexor Digitorum Profundus; PQ, Pronator Quadratus.



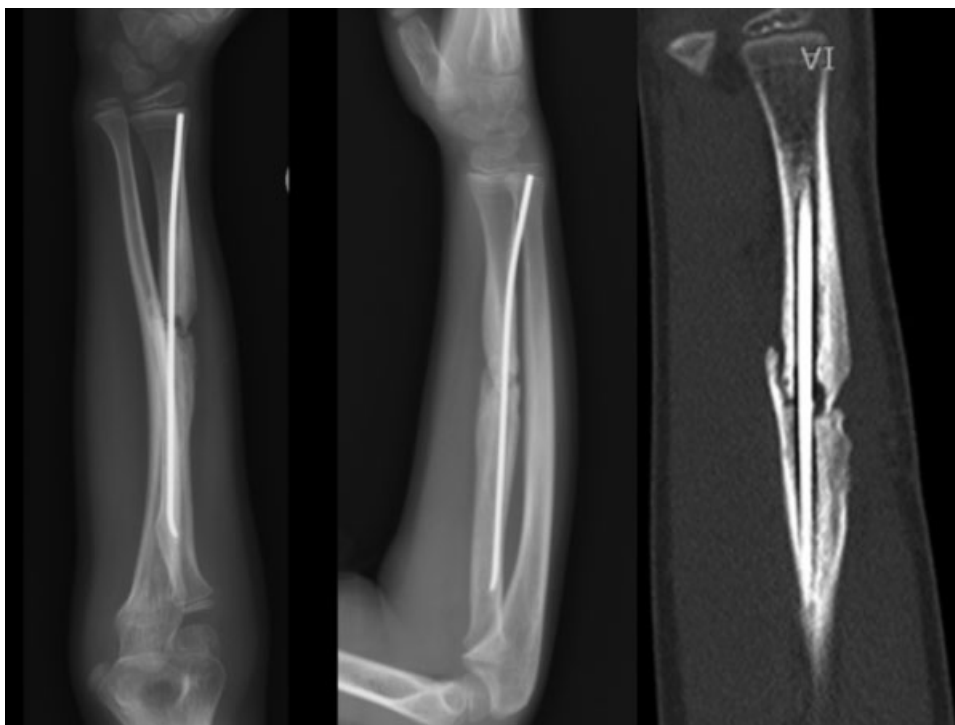
**Fig. 2** Colgajo vascularizado perióstico (CVP) Dorso-Ulnar (eje vascular Arteria Interósea Posterior). A: + cúpula ulnar; \* estiloides ulnar; # Extensor Carpi Ulnaris; flechas blanca-ramas periósticas de la AIP. B: ejemplo de disección de un colgajo vascularizado perióstico Dorso-Ulnar basado en la AIP (flecha blanca). Se puede ver la longitud y amplitud del colgajo.

**Aplicabilidad clínica**

**Caso 1:** paciente niña de 6 años de edad con antecedente de fractura abierta (Gustilo I) diafisaria de radio, tratada mediante fijación interna con enclavado endomedular tipo TENS. Desarrolló una pseudoartrosis atrófica por lo que se procedió a la realización de un CVP basado en la AIP sin

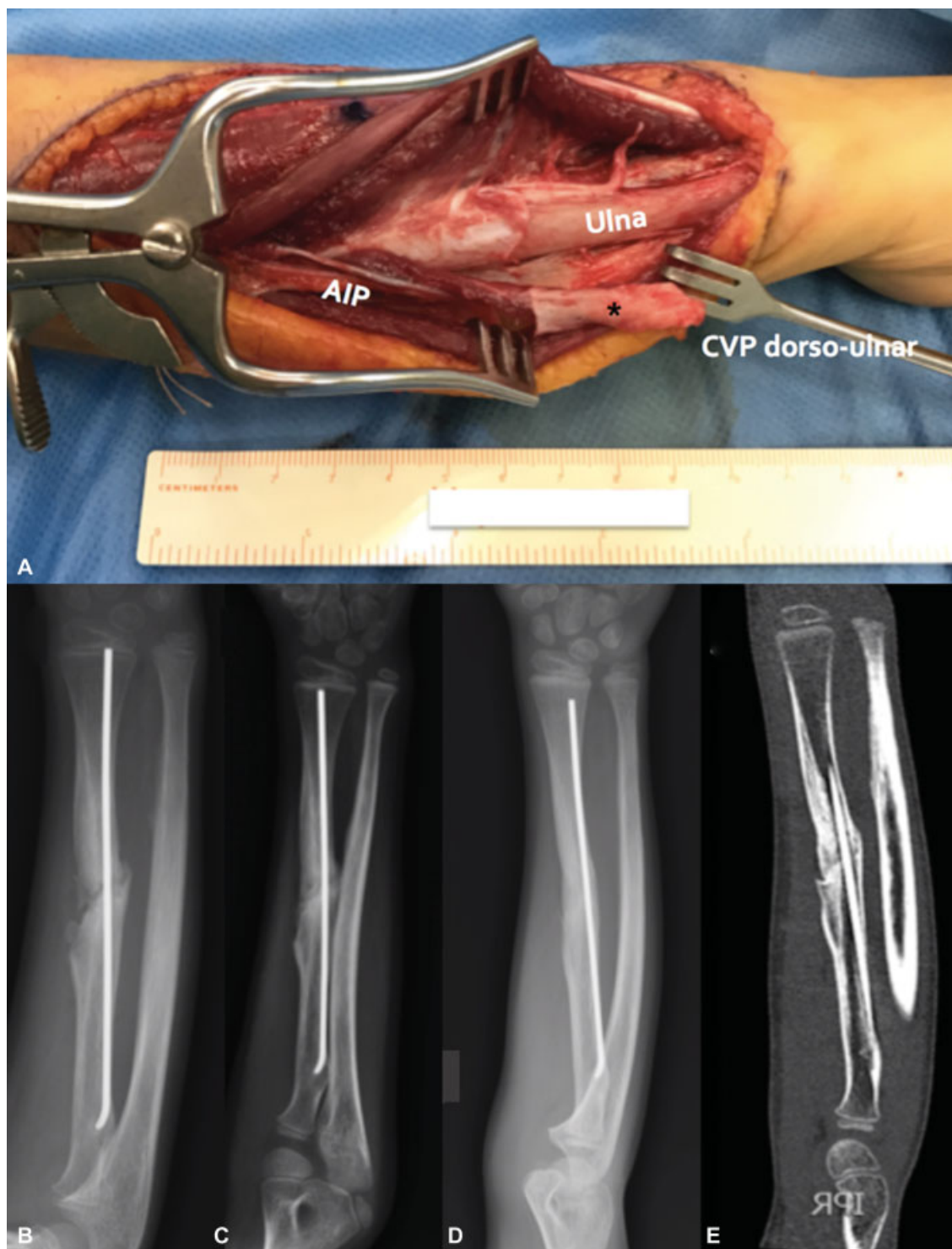
recambio de los TENS y sin añadir injerto óseo en el foco de la pseudoartrosis consiguiendo consolidación completa a los 6 meses (► **Figs. 3 y 4**).

**Caso 2:** paciente varón de 26 años de edad intervenido en 2 ocasiones de artrodesis carpometacarpiana- base 4° y 5° MTC sin éxito. Se realizó un CVP Ulnar AIP retrógrado



**Fig. 3** Caso1. Rx y TAC de antebrazo de niña de 6 años de edad con pseudoartrosis atrófica de radio secundaria a fractura abierta (Gustilo I) tratada mediante fijación interna con TENS.





**Fig. 4** Caso 1. A: Colgajo Vascularizado Perióstico (CVP) de Arteria Interósea Posterior (AIP) en paciente varón de 6 años con pseudoartrosis atrófica de radio. B: evolución radiológica al mes de seguimiento. C: evolución radiológica a los 2 meses de seguimiento. D: Rx a los 6 meses de seguimiento objetivándose consolidación completa. E: TAC de antebrazo a los 6 meses de seguimiento objetivándose consolidación completa.

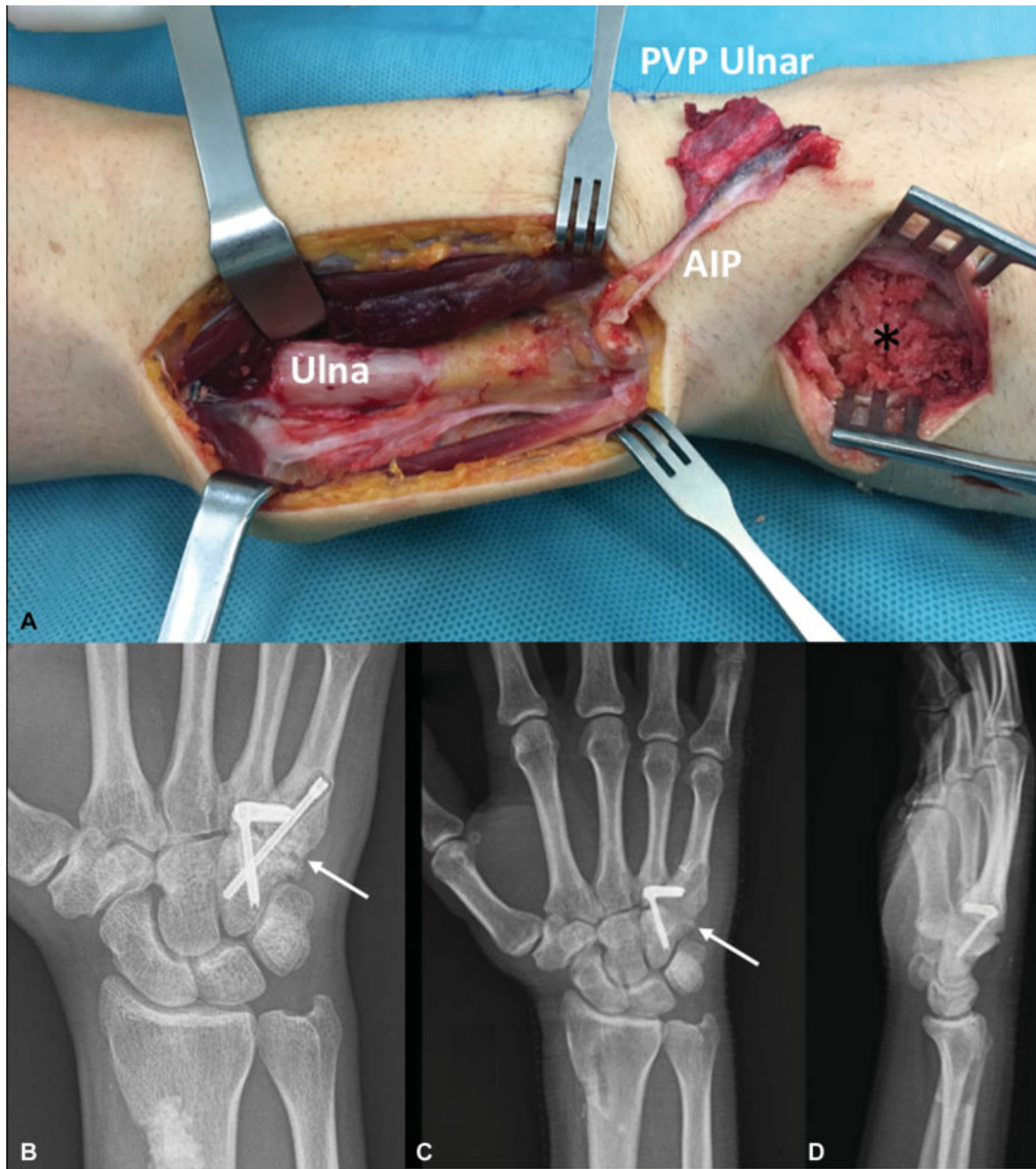
consiguiendo consolidación completa a los 3 meses de seguimiento (► Fig. 5).

### Discusión

A pesar de la descripción en la literatura de múltiples opciones para el tratamiento en situaciones clínicas desfavorables como

la pseudoartrosis recalcitrantes, necrosis avasculares o defectos óseos, no existen guías clínicas definitivas para el tratamiento de ese tipo de pacientes. Uno de los tratamientos más aceptados es el empleo de injertos óseos vascularizados.<sup>7</sup> Sin embargo, son técnicas microquirúrgicas muy complejas.

Esa complejidad de las técnicas microquirúrgicas junto al alto potencial osteogénico demostrado por los CVP,<sup>1-3</sup> ha



**Fig. 5** Caso 2. Paciente varón de 26 años de edad intervenido en 2 ocasiones de artrodesis carpometacarpiana- base 4° y 5° MTC sin éxito. A: Colgajo Vascularizado Perióstico (CVP) de Arteria Interósea Posterior (AIP) retrógrado. \* zona de pseudoartrosis. B: Rx anteroposterior prequirúrgica con pseudoartrosis carpometacarpiana. C y D: Rx anteroposterior y perfil postquirúrgico objetivándose consolidación completa de la pseudoartrosis a los 3 meses de seguimiento.

supuesto un empleo creciente de los CVP en situaciones biológicas desfavorables.<sup>2-4</sup>

El alto potencial osteogénico de los CVP, y su consecuente eficacia promoviendo una consolidación más rápida con respecto a los injertos óseos vascularizados,<sup>8,9</sup> se debe al abundante número de células madre con potencial osteogénico presentes en el cambium.<sup>2,4-6</sup>

Uno de estos CVP (dependiente del eje vascular AIP), ya fue descrito previamente por nuestro grupo para el tratamiento de pacientes con pseudoartrosis de radio y defecto óseo asociado.<sup>10</sup> En el presente estudio, realizamos una descripción detallada de la vascularización perióstica del

antebrazo, añadiendo al estudio previo 3 nuevos CVP basados en los ejes vasculares radial, ulnar, interóseo anterior.

Penteado, en un estudio anatómico realizado en 25 especímenes en fresco,<sup>11</sup> considera el tercio distal del humero y fémur, las zonas donantes de elección para la extracción de CVP. Sin embargo, en el presente estudio a diferencia de los resultados publicados por Penteado, hemos objetivado una importante red vascular perióstica en el antebrazo, con una media de 15 ramas perióstias siendo el CVP Radial el más vascularizado con una media de 20,8 ramas perióstias.

Además a la vista de los resultados obtenidos en los casos clínicos presentados así como lo descrito en la literatura, estos CVP evitan la necesidad del aporte óseo debido a su alto potencial osteogénico per se.<sup>2,4-6,12</sup>

Otra ventaja de los CVP con respecto a las técnicas microquirúrgicas son la facilidad y rapidez para levantar el colgajo, así como la elasticidad de dichos colgajos, lo cual permite su adaptabilidad al lecho receptor. Esa elasticidad explica la retracción elástica objetivada en el tamaño del colgajo post-disección con respecto al tamaño pre-disección.<sup>8,13-16</sup> Además, los CVP descritos, a diferencia de los procedimientos microquirúrgicos, disminuyen la morbilidad de las zonas donantes.

Por otro lado, es destacable la gran versatilidad que ofrecen esos 4 nuevos CVP descritos, ya que se pueden diseñar de forma retrógrada y anterógrada, basados en sus ejes vasculares, así como en quimera debido a la importante cantidad de ramas periostio-cutáneas o periostio-musculares. En ese sentido, los colgajos ulnar y radial son los que mayor número de ramas septocutáneas poseen estando presentes en todo su recorrido. En el caso del colgajo dependiente de la AIP, las ramas septocutáneas se localizan preferentemente en la unión entre el tercio proximal y el tercio distal siendo el colgajo dependiente de la AIA el que menos ramas septocutáneas presenta, situadas preferentemente en la zona proximal.

Hemos observado, basándonos en el número de ramas periósticas, la ausencia de sacrificio de ejes vasculares principales y facilidad en la disección, que los CVP más versátiles y útiles en el antebrazo son el CVP Dorso-Ulnar basado en la AIP, y el CVP Volar-Radial basado en la AIA.

En relación a la aplicabilidad de dichos colgajos, es un colgajo pediátrico, que se puede utilizar en adolescentes y adultos jóvenes, debido a la disminución de la capacidad osteogénica relacionada con la edad.<sup>2</sup>

## Conclusiones

Los CVP son una alternativa viable en situaciones biológicas desfavorables debido a su alto potencial osteogénico. Las principales ventajas de esos colgajos son la sencillez y rapidez de la técnica, su elasticidad y adaptabilidad al lecho receptor, así como su versatilidad y pueden ser diseñados de forma anterógrada, retrógrada y en quimera. Hemos descrito 4 nuevos CVP, así como su aplicación clínica, siendo los más versátiles y útiles el CVP Dorso-Ulnar basado en la AIP y el Volar-Radial basado en la AIA.

## Bibliografía

- 1 Qi B, Yu A, Zhang G, et al. The treatment of displaced femoral neck fractures with vascularized great trochanter periosteal flap transposition in children. *Microsurgery* 2008;28(01):21-24
- 2 Soldado F, Fontecha CG, Barber I, et al. Vascularized fibular periosteal graft: a new technique to enhance bone union in children. *J Pediatr Orthop* 2012;32(03):308-313
- 3 Soldado F, Knörr J, Haddad S, et al. Vascularized tibial periosteal graft in complex cases of bone nonunion in children. *Microsurgery* 2015;35(03):239-243
- 4 Soldado F, Diaz-Gallardo P, Sena-Cabo L, et al. Vascularized fibular grafts extended with vascularized periosteum in children. *Microsurgery* 2017;37(05):410-415
- 5 Soldado F, Garcia Fontecha C, Haddad S, Hernandez-Fernandez A, Corona P, Guerra-Farfan E. Treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia with vascularized fibular periosteal transplant. *Microsurgery* 2012;32(05):397-400
- 6 Finley JM, Wood MB, Acland RD. Osteogenesis from periosteal autografts in ulnar defects in dogs. *J Microsurg* 1979;1(03):203-207
- 7 Mathoulin C, Gilbert A, Azze RG. Congenital pseudarthrosis of the forearm: treatment of six cases with vascularized fibular graft and a review of the literature. *Microsurgery* 1993;14(04):252-259
- 8 Kamrani RS, Mehrpour SR, Sorbi R, Aghamirsalim M, Farhadi L. Treatment of nonunion of the forearm bones with posterior interosseous bone flap. *J Orthop Sci* 2013;18(04):563-568
- 9 Cheema TA, Lakshman S, Cheema MA, Durrani SF. Reverse-flow posterior interosseous flap-a review of 68 cases. *Hand (N Y)* 2007;2(03):112-116
- 10 Barrera-Ochoa S, Velez R, Rodriguez-Baeza A, De Bergua-Domingo JM, Knörr J, Soldado F. Vascularized ulnar periosteal pedicled flap for forearm reconstruction: Anatomical study and a case report. *Microsurgery* 2017
- 11 Penteado CV, Masquelet AC, Romana MC, Chevrel JP. Periosteal flaps: anatomical bases of sites of elevation. *Surg Radiol Anat* 1990;12(01):3-7
- 12 Diaz-Gallardo P, Knörr J, Vega-Encina I, et al. Free vascularized tibial periosteal graft with monitoring skin island for limb reconstruction: Anatomical study and case report. *Microsurgery* 2017;37(03):248-251
- 13 Akin S, Ozgenel Y, Ozcan M. Osteocutaneous posterior interosseous flap for reconstruction of the metacarpal bone and soft-tissue defects in the hand. *Plast Reconstr Surg* 2002;109(03):982-987
- 14 Andro C, Richou J, Schiele P, Hu W, Le Nen D. Radius graft pedicled on the anterior interosseous artery for recurrent ulnar nonunion. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011;97(4, Suppl):S12-S15
- 15 Pagnotta A, Taglieri E, Molayem I, Sadun R. Posterior interosseous artery distal radius graft for ulnar nonunion treatment. *J Hand Surg Am* 2012;37(12):2605-2610
- 16 Shahryar Kamrani R, Farhoud AR, Nabian MH, Farhadi L. Treatment of Nonunion of Forearm Bones Using Radial Forearm Bone Flap. *Trauma Mon* 2015;20(04):e22622